

## PEMODELAN BAHAYA BENCANA BANJIR ROB DI KAWASAN PESISIR KOTA SURABAYA

<sup>1)</sup>**Annisaa Hamidah Imaduddina, <sup>1)</sup>Widiyanto Hari Subagyo Widodo**

<sup>1)</sup>Dosen Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Nasional Malang

### ABSTRAKSI

*Kawasan pesisir Kota Surabaya merupakan dataran rendah yang elevasi muka tanahnya sama dengan elevasi air laut pasang rata-rata (mean sea level). Kondisi inilah yang menyebabkan kawasan pesisir Kota Surabaya berpotensi terhadap banjir rob. Berdasarkan perkiraan BMKG Maritim Tanjung Perak, kawasan pesisir Surabaya mengalami banjir rob sekitar 4 sampai 5 kali bencana banjir dengan ketinggian rata-rata banjir sekitar 30-90 cm.*

*Pemodelan bahaya banjir rob dianalisa menggunakan variabel ketinggian genangan dan durasi genangan. Ketinggian genangan dianalisa menggunakan field calculator pada Arcgis. Durasi genangan dianalisis menggunakan regresi linier, dan field calculator pada Arcgis. Setelah didapatkan pemodelan ketinggian dan durasi genangan, dilakukan weighted overlay untuk memodelkan bahaya banjir rob.*

*Berdasarkan pemodelan bahaya banjir rob yang telah dilakukan diketahui luasan kawasan yang terkena banjir rob di masing-masing kecamatan berdasarkan tingkat bahaya dari sangat bahaya sampai tidak bahaya (klasifikasi 5-1). Pola spasial tingkat bahaya (hazard) bencana banjir dengan kategori berada di zona paling berbahaya adalah wilayah yang berada dekat dengan garis pantai. Wilayah dengan kategori berada pada tingkat bahaya tinggi adalah daerah yang memiliki jarak dengan garis pantai dan memiliki topografi rendah sekitar 0-1,6 diatas permukaan air laut*

**Kata Kunci:** Pemodelan, Bahaya, Banjir Rob, Pesisir, Surabaya.

### PENDAHULUAN

Bahaya adalah kejadian yang jarang atau ekstrim dari lingkungan karena ulah manusia atau karena alam yang merugikan dan mempengaruhi kehidupan manusia, property atau aktivitas pada tingkat tertentu yang menyebabkan satu bencana (UNDP, 1992). Menurut Darmawan (2008) Bencana adalah suatu peristiwa di alam atau di lingkungan buatan manusia yang berpotensi merugikan kehidupan manusia, harta, benda atau aktivitas bila meningkat menjadi bencana.

Kawasan Pesisir merupakan dataran rendah yang elevasi muka tanahnya sama dengan elevasi air laut pasang rata-rata (*mean sea level*)

dan menjadi tempat bermuarannya sungai-sungai sehingga kawasan ini rentan terhadap peningkatan muka air laut. Kenaikan permukaan air laut (*sea level rise*) asal mulanya merupakan serangkaian dari proses pasang surut air laut. Ketinggian air laut yang melebihi topografi di daratan menyebabkan naiknya air laut ke dataran, kejadian ini dikenal dengan peristiwa alam banjir akibat pasang surut air laut atau disebut juga sebagai banjir rob. Dimana berdasarkan Putri (2007), naiknya pasang air laut ke daratan merupakan salah satu bentuk dari kenaikan muka air laut (*sea level rise*) jangka pendek dan periodik.

Kota Surabaya merupakan Ibu kota Provinsi Jawa Timur yang memiliki karakteristik topografi rendah sehingga rentan terhadap banjir rob. Rata-Rata ketinggian topografi di kawasan pesisir Kota Surabaya adalah 0-6 meter diatas permukaan air laut dengan kemiringan tanah sebesar <3% (Kota Surabaya Dalam Angka, 2017). Berdasarkan perkiraan BMKG Maritim Tanjung Perak, setiap tahun Kawasan Pesisir Surabaya mengalami banjir rob dan dalam satu tahun terjadi sekitar 4 sampai 5 kali bahaya banjir dengan ketinggian maksimum 150-170 cm di atas rata-rata permukaan air laut (*mean sea level*). Berdasarkan data dari Media Indonesia (15 Juli 2010), di Kawasan Perak Barat dan Kecamatan Bulak air laut masuk ke perkampungan hingga mencapai ketinggian 30 cm dan menggenangi perkampungan warga selama kurang lebih dua hari, selain itu banjir ini juga menggenangi perkampungan dan sekolah dengan ketinggian air sekitar 30 cm (15 Juli 2010), menggenangi 400 rumah di kelurahan Morokrembangan dengan ketinggian air 90 cm (27 Mei 2009), menggenangi Jalan Kalianak (25 Juni 2009), menyebabkan jalan menuju pelabuhan Ujung Surabaya sempit nyaris putus karena tergenang oleh air dengan ketinggian air mencapai hampir 1 meter dan menggenangi kawasan pelabuhan (Data BMKG Maritim dan Geofisika 20 Februari 2010). Pada bulan Mei tahun 2017, daerah sekitar pelabuhan Tanjung Perak mengalami air pasang mulai 125 hingga 155 cm yang mengakibatkan kawasan ini tergenang setinggi 20 cm

Terkait dengan situasi ini, sebagai upaya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan dan penghidupan (UU No.26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang), pemodelan bahaya banjir rob di Kota Surabaya perlu diketahui sehingga dapat memposisikan masyarakat dan daerah yang bersangkutan pada tingkatan risiko yang berbeda.

## TINJAUAN PUSTAKA

Bahaya adalah kejadian yang jarang atau ekstrim dari lingkungan karena ulah manusia atau karena alam yang merugikan dan mempengaruhi kehidupan manusia, property atau aktivitas pada tingkat tertentu yang menyebabkan satu bencana (UNDP, 1992). Menurut Darmawan (2008) Bencana adalah suatu peristiwa di alam atau di lingkungan buatan manusia

yang berpotensi merugikan kehidupan manusia, harta, benda atau aktivitas bila meningkat menjadi bencana.

Coburn (1994) merumuskan parameter kedahsyatan bencana banjir yang selaras dengan ancaman bahaya banjir berupa luas area genangan, kecepatan limpasan, endapan lumpur bawaan, kedalaman genangan, serta durasi genangan. Sedangkan menurut Suardika (2005) dalam Sugiarto (2009), parameter atau tolok ukur karakteristik ancaman/bahaya bencana banjir dapat ditentukan berdasarkan : (a) luas genangan/area yang terkena banjir ( $\text{km}^2$ , hektar); (b) kedalaman atau ketinggian air banjir (meter).

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa bahaya banjir rob merupakan peristiwa akibat fenomena alam yang terjadi di alam atau lingkungan yang berpotensi merugikan kehidupan manusia, harta benda atau aktivitas masyarakat di kawasan pesisir bila meningkat menjadi bencana. Variabel karakteristik bahaya banjir dalam penelitian ini adalah durasi genangan, dan ketinggian genangan. Variabel luas genangan tidak digunakan karena luas genangan dapat ditemukan dari hasil penjumlahan antara variabel ketinggian genangan dan durasi genangan. Variabel kecepatan limpasan dan endapan lumpur bawaan tidak digunakan dalam penelitian ini karena kondisi arus laut dan gelombang laut di daerah Surabaya ini tergolong rendah (BMG Maritim Tanjung Perak, 2016), berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan kecepatan limpasan di zona pesisir Surabaya ini tergolong rendah. Sehingga tidak berpengaruh terhadap banjir rob di zona pesisir Surabaya. Sedangkan untuk variabel endapan lumpur bawaan ini sangat dipengaruhi dengan kecepatan limpasan dimana variabel endapan lumpur bawaan ini berbanding lurus dengan kecepatan limpasan. Mengingat kecepatan limpasan di zona pesisir Surabaya ini tergolong rendah. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa endapan lumpur bawaan yang dihasilkan juga tergolong rendah sehingga tidak dimasukkan kedalam variabel penelitian.

## **METODE PENELITIAN**

Metode pengumpulan data menggunakan survei data primer dan sekunder. Survei data primer dilakukan menggunakan dua metode yaitu wawancara dan pengamatan di lapangan. Wawancara dan pengamatan di lapangan digunakan

### **Pemodelan Ketinggian Banjir Rob**

Ketinggian Genangan atau kedalaman genangan merupakan ketinggian air banjir dihitung dari dasar (jalan/halaman) hingga muka air. Data terkait ketinggian genangan dihasilkan berdasarkan perpaduan dari ketinggian pasang maksimal yang terjadi di wilayah penelitian berdasarkan

dari data BMKG Maritim Tanjung Perak dengan data Kontur di wilayah penelitian dengan menggunakan “*Filed Calculator*” pada *Arcgis 9.3*. Ketinggian bencana banjir rob menggunakan asumsi tidak ada penggunaan lahan, tidak memperhatikan adanya rumah pompa, pintu air, dan tidak memperhatikan kemampuan drainase atau sungai dalam menampung air karena untuk menilai kemampuan pompa, pintu air, drainase dan sungai memerlukan waktu yang lama. Kemudian dalam menentukan karakteristik ketinggian genangan, hasil analisa tersebut diklasifikasi berdasarkan parameter ketinggian banjir dari BAPPEKO Surabaya yang mengacu pada Surabaya *Drainage Master Plan*, 2018. Berikut adalah penjabaran klasifikasi bahaya banjir:

1. Klasifikasi 1 (Tidak Bahaya), Ketinggian 0cm-10cm
2. Klasifikasi 2 (Sedikit Bahaya), Ketinggian 10cm- 30cm
3. Klasifikasi 3 (Cukup Bahaya), Ketinggian 3m-5m
4. Klasifikasi 4 (Bahaya), Ketinggian 50cm-70cm
5. Klasifikasi 5 (Sangat Bahaya), Ketinggian >70cm

### Pemodelan Durasi Banjir Rob

Dimana durasi genangan dihitung dari periode kenaikan pasang surut air laut dan jarak dari garis pantai, berdasarkan survey primer (diambil 20 titik sampel) dan uji korelasi *Pearson* antara titik sampel jarak dari pantai, ketinggian genangan dan durasi genangan.

Metode yang digunakan untuk pemodelan durasi genangan banjir rob adalah *Regresi Linier*, dimana variabel yang diamati (dependent) adalah durasi dan variabel bebas (independent) adalah jarak dari garis pantai. Data input dari persamaan *Regresi linier* ini didapatkan melalui pengambilan sampel. Jumlah titik sampel yang diambil adalah 20 titik sampel secara acak. Kemudian data input tersebut diproses dalam analisis *regresi linier* untuk menentukan pola durasi genangan. Berikut adalah rumus *regresi linier* yang digunakan:

$$y = ax + b$$

Dimana:

- y = Durasi genangan
- x = jarak dari garis pantai
- a = koefisien jarak
- b = konstanta

Tahap terakhir adalah fiksasi dari pola durasi genangan. Hal ini dilakukan karena pada perhitungan durasi yang pertama (persamaan dari

*regresi linier*), hanya memperhitungkan jarak pantai saja tanpa memperhitungkan topografi di daratan yang notabenenya mempengaruhi durasi pasang dengan asumsi, semakin tinggi topografi maka durasi banjirnya akan semakin cepat. Dalam tahap ini hasil yang diperoleh adalah nilai waktu/durasi yang diperlukan oleh kenaikan pasang air laut dengan amplitudo makasimal tertentu untuk setiap kenaikan pasang 1 cm pada ketinggian topografi tertentu. Untuk menentukan waktu tersebut digunakan rumus sebagai berikut :

$$h = A \cdot \sin \omega \cdot t$$

Dimana:

h: ketinggian topografi (cm)

A: Simpangan terjauh (Ketinggian pasang maksimal)

$\omega$ : Percepatan 1 getaran/gelombang

t: Waktu (menit)

Hasil peta tersebut diklasifikasi berdasarkan parameter durasi genangan banjir dari BAPPEKO Surabaya yang mengacu pada Surabaya *Drainage Master Plan*, 2018. Berikut adalah penjabaran klasifikasi bahaya banjir:

1. Klasifikasi 1 (Tidak Bahaya), Durasi 0 – 1 jam
2. Klasifikasi 2 (Sedikit Bahaya), Durasi 1 – 2 jam
3. Klasifikasi 3 (Cukup Bahaya), Durasi 2 – 4 jam
4. Klasifikasi 4 (Bahaya), Durasi 4 – 6 jam
5. Klasifikasi 5 (Sangat Bahaya), Durasi >6 jam

### **Pemodelan Bahaya Banjir Rob**

Analisis untuk mengidentifikasi karakteristik bahaya banjir dengan menggunakan metode analisis deskriptif dan metode *weighted overlay* / sistem tumpang susun variabel bahaya banjir tanpa pembobotan dengan asumsi bahwa semua variabel dianggap sama yaitu 1.

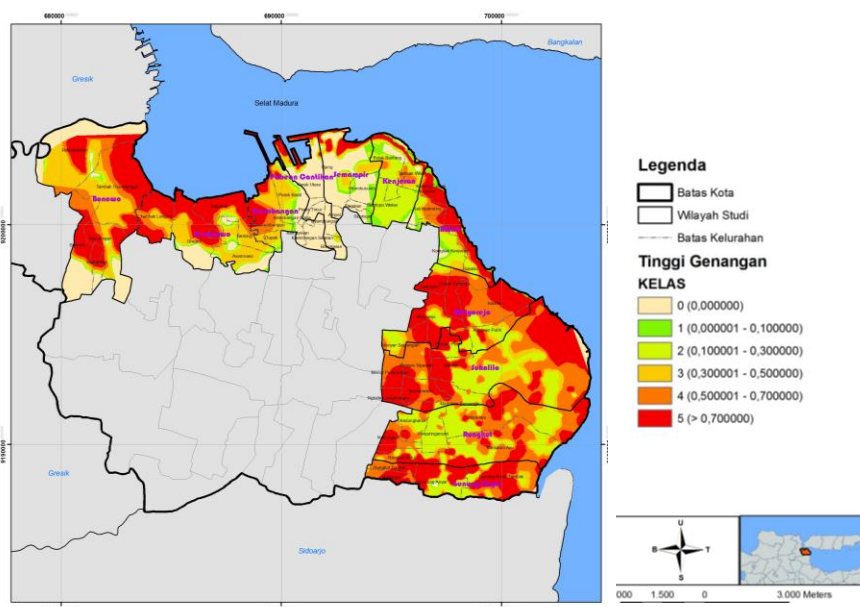
Setelah itu dilakukan *weighted overlay* untuk menilai tingkat bahaya banjir dari variabel ketinggian genangan dan durasi genangan. berdasarkan pedoman rencana penanggulangan bencana, bahwa dalam penentuan zona bencana agar didapatkan hasil yang lebih teliti dan detail, yaitu dengan membagi menjadi lima (5 kelas). Sehingga visualisasi dari zona bahaya akan memiliki 5 tingkatan kelas, yaitu kelas 1 (tidak bahaya) sampai kelas 5 (sangat bahaya).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan bahaya banjir rob di Kota Surabaya tahun 2017 menggunakan variabel ketinggian genangan, dan durasi genangan untuk menggambarkan zona yang memiliki bahaya paling tinggi sampai terendah.

### Ketinggian Genangan

Ketinggian Genangan atau kedalaman genangan merupakan ketinggian air banjir dihitung dari dasar (jalan/halaman) hingga muka air. Kedalaman berguna untuk mengetahui kerugian yang mungkin ditimbulkan oleh fenomena tersebut. Pada prinsipnya semakin dalam banjir menggenangi wilayah penelitian maka semakin besar dampak yang ditimbulkan. Begitu pula sebaliknya semakin dangkal air limpasan menggenangi wilayah maka kerugian yang ditimbulkan juga tidak terlalu besar. Berdasarkan ketinggian genangan dapat dilihat bahwa kontur didaratan mempengaruhi ketinggian genangan yang dihasilkan oleh kenaikan pasang air laut ke daratan sehingga menyebabkan banjir. Semakin rendah kontur di suatu wilayah maka semakin tinggi genangan yang dihasilkan oleh pasang air laut. Wilayah yang tergenang dengan ketinggian genangan  $>70$  memiliki tingkat bahaya sangat tinggi dibandingkan dengan  $<10$  cm, dimana wilayah yang memiliki genangan  $>70$ cm berada pada wilayah yang memiliki kontur 0-1 cm di atas rata-rata permukaan air laut.



**Gambar 1**  
Pemodelan Ketinggian Banjir Rob di Kawasan Pesisir Kota Surabaya

## Durasi Genangan

Durasi merupakan lamanya pasang air laut menggenangi daratan hingga surut. Dalam menentukan durasi genangan di wilayah penelitian terdiri dari beberapa tahap yaitu:

### 1. Membuat Asumsi

Dimana durasi genangan dihitung dari periode kenaikan pasang surut air laut dan jarak dari garis pantai, dari hasil tersebut diketahui bahwa ketinggian genangan tidak berpengaruh terhadap durasi genangan sehingga dalam penentuan variabel durasi genangan mengabaikan ketinggian genangan karena variabel ketinggian genangan memiliki signifikansi 0,699 dimana nilai ini lebih dari 0,01 dan dinyatakan tidak ada korelasi. Untuk hubungan antara jarak dan durasi memiliki nilai signifikansi 0,000 dimana nilai korelasinya -1,000 hal ini dapat diinterpretasikan bahwa antara jarak dan durasi memiliki korelasi yang sangat kuat ( $>0,5$ ), nilai (-) pada nilai korelasi menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antara jarak dan durasi, dimana semakin jauh dari garis pantai durasi genangan akan semakin kecil.

### 2. Menghitung Durasi berdasarkan Jarak dari Garis Pantai

Metode yang digunakan adalah *Regresi Linier*, dimana variabel yang diamati (dependent) adalah durasi dan variabel bebas (independent) adalah jarak dari garis pantai. Persamaan *regresi linier* dari perhitungan melalui SPSS 16 sebagai berikut:

$$y = -0,0010991x + 6,109091$$

Dari persamaan *regresi linier* yang telah didapatkan, nilai dari setiap jarak terhadap garis pantai di setiap titik dalam peta di analisis menggunakan "*field calculator*" *ArcGis 9.3* sehingga akan didapatkan pola durasi pada wilayah penelitian berdasarkan persamaan *regresi linier*. dari analisa tersebut didapatkan bahwa semakin dekat dengan garis pantai maka durasi akan semakin lama dan semakin jauh dari garis pantai durasi semakin sebentar.

### 3. Menghitung Durasi Berdasarkan Ketinggian Topografi

Dalam tahap ini hasil yang diperoleh adalah nilai waktu/durasi yang diperlukan oleh kenaikan pasang air laut dengan amplitudo maksimal tertentu untuk setiap kenaikan pasang 1 cm pada ketinggian topografi tertentu. Dalam penelitian ini, simpangan terjauh (A) yang digunakan adalah pasang maksimal dengan ketinggian 170

cm dan 150cm (sesuai dengan zona pasang di Wilayah Penelitian) di atas permukaan air laut, lama durasi dari satu gelombang pasang surut adalah 24 jam 50 menit, hal ini berdasarkan pada tipe pasang surut air laut di Wilayah Penelitian yang merupakan tipe Pasang surut harian tunggal/*diurnal tide* (dalam satu hari memiliki satu kali pasang dan satu kali surut) dan  $h$  merupakan ketinggian topografi didaratan setiap 1 cm. Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa zona Timur dengan pasang maksimal setinggi 170 cm, setiap pasang air laut yang naik setinggi 1 cm akan memerlukan durasi 1,3482 menit atau 0,02247 jam sedangkan pada zona Utara dengan pasang maksimal setinggi 150 cm, setiap pasang air laut yang naik setinggi 1cm akan memerlukan durasi 1,55 menit atau 0,02583 jam.

Perhitungan tersebut kemudian di kalikan dengan ketinggian topografi masing-masing di daratan menggunakan analisa ArcGis "*filed calculator*" sehingga didapatkan lama durasi air pasang untuk mencapai ketinggian topografi tertentu. Dari peta tersebut didapatkan hasil bahwa semakin rendah topografi (antara 0-1 meter) di suatu wilayah maka durasi yang dibutuhkan air pasang untuk naik mencapai ketinggian tersebut lebih cepat dibandingkan dengan wilayah yang memiliki topografi tinggi (>1 meter).

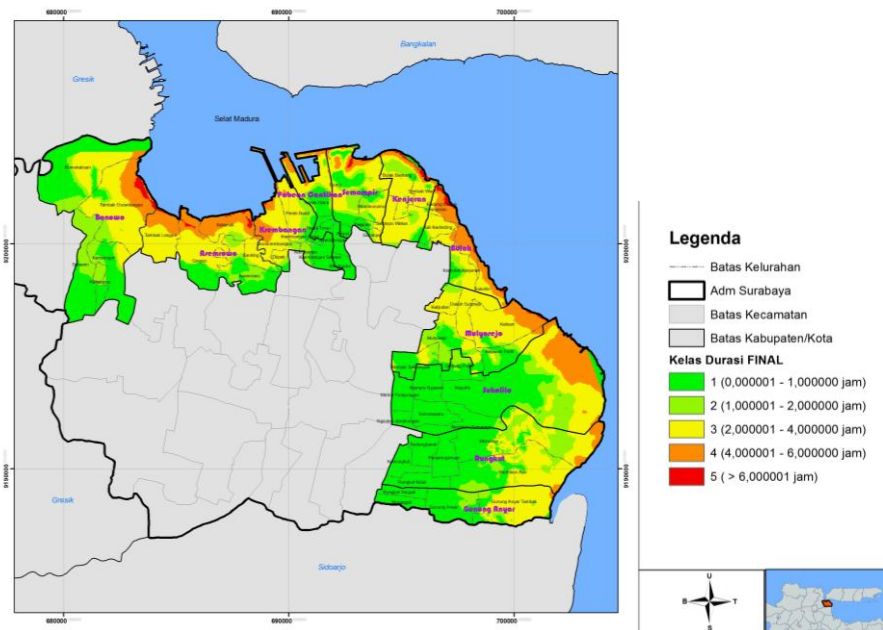
#### 4. Pembuatan peta durasi

Pembuatan peta durasi genangan banjir akibat rob, menggunakan analisa ArcGis 9.3 *filed calculator* antara durasi total berdasarkan jarak dari garis pantai dengan durasi berdasarkan dari keadaan topografi sehingga akan didapat peta durasi genangan banjir. Hasil peta tersebut diklasifikasi berdasarkan parameter durasi genangan banjir dari BAPPEKO Surabaya yang mengacu pada Surabaya *Drainage Master Plan*, 2018. Berikut adalah penjabaran klasifikasi bahaya banjir::

- a. Klasifikasi 1 (Tidak Bahaya), Durasi 0 – 1 jam
- b. Klasifikasi 2 (Sedikit Bahaya), Durasi 1 – 2 jam
- c. Klasifikasi 3 (Cukup Bahaya), Durasi 2 – 4 jam
- d. Klasifikasi 4 (Bahaya), Durasi 4 – 6 jam
- e. Klasifikasi 5 (Sangat Bahaya), Durasi >6 jam

Reklasifikasi dan skor pada tiap kategori, dengan menunjukan nilai paling rendah tingkat bahayannya sedangkan 5 untuk nilai paling tinggi bahayannya. Reklasifikasi Durasi genangan banjir rob disajikan pada gambar berikut:



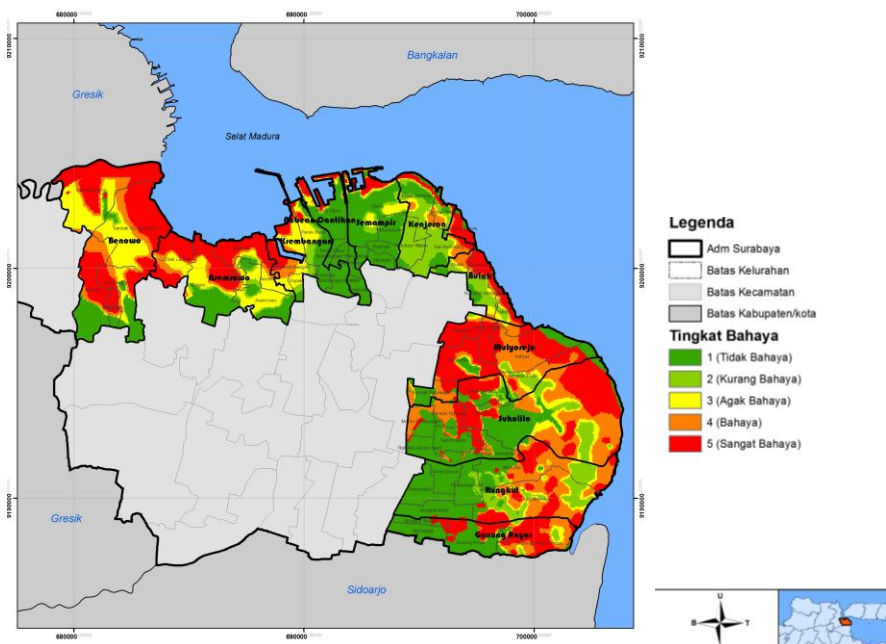


**Gambar 2**  
**Pemodelan Durasi Banjir Rob di Kawasan Pesisir Kota Surabaya**

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa wilayah yang berada dekat dengan garis pantai dan berada di ketinggian topografi 0-1m diatas rata-rata permukaan air laut memiliki durasi genangan yang lebih lama dibandingkan dengan yang berada dekat dengan garis pantai namun memiliki ketinggian topografi >1 m diatas rata-rata permukaan air laut. Semakin lama durasi banjir yang dihasilkan di suatu wilayah maka tingkat bahaya akan semakin tinggi.

### **Pemodelan Bahaya Banjir rob di Kawasan Pesisir Surabaya**

Pada tahap overlay ini, setiap variabel diasumsikan memiliki bobot 1 karena dalam penilaian karaktersitik bahaya tidak dilakukan analisa pembobotan, sehingga semua variabel dalam menentukan karakteristik bahaya memiliki kepentingan yang sama pentingnya dalam menetapkan bahaya banjir rob. Mengacu pada prinsip semakin luas dan besar intensitas banjir rob menggenangi wilayah penelitian maka semakin besar dampak yang ditimbulkan. Tahapan proses analisa adalah sebagai berikut:



**Gambar 3**  
**Pemodelan Bahaya Banjir Rob di Kawasan Pesisir Kota Surabaya**

Pola spasial tingkat bahaya (*hazard*) bencana banjir dengan kategori berada di zona paling berbahaya adalah wilayah yang berada dekat dengan garis pantai. Wilayah dengan kategori berada pada tingkat bahaya tinggi adalah daerah yang memiliki jarak dengan garis pantai dan memiliki topografi rendah sekitar 0-1,6 diatas permukaan air laut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pemodelan bahaya banjir rob yang telah dilakukan diketahui Luasan kawasan yang terkena banjir rob di masing-masing kecamatan berdasarkan tingkat bahaya dari sangat bahaya sampai tidak bahaya (klasifikasi 5-1). Luasan tingkat bahaya disajikan pada Tabel berikut

**Tabel 1**  
**Luasan Tingkat Bahaya Banjir Akibat Rob per Kecamatan**

No	Kecamatan	Klasifikasi ( ha )				
		1	2	3	4	5
1	Benowo	1255,8	146,8	147,6	139,3	684,4
2	Asemrowo	696,8	78,3	1,9	71,29	695,8

3	Krembangan	283,3	74,6	254,2	139,9	82,1
4	Pabena Cantikan	398,1	157,3	56,5	55,2	12,4
5	Semampir	583,1	104,4	101,3	63,7	24,2
6	Kenjeran	211,01	114,9	270,9	180,1	0,1
7	Bulak	118,7	150,6	139,9	115,1	148,2
8	Mulyorejo	356,2	68,3	85,8	250,8	660,1
9	Sukolilo	1323,8	119,7	142,6	438,6	343,5
10	Rungkut	649,8	645,3	85,7	447,2	280,1
11	Gunung Anyar	388,6	139,2	140,4	144,8	158,9
<b>Total</b>		4065,7	1900	1427	2346	4889

Sumber: Hasil Analisa 2017

Dari diatas didapatkan pola spasial tingkat bahaya bencana banjir rob berdasarkan pengaruh ketinggian genangan dan durasi genangan di Kawasan Pesisir Surabaya. Daerah dengan karagori berada pada tingkat bahaya paling tinggi adalah: Kecamatan Mulyorejo, Kecamatan Bulak dan Kecamatan Asemrowo. Berikut adalah Tabel Pembagian Kelas Bahaya Bencana Banjir rob di Kawasan Pesisir Surabaya dilihat berdasarkan jumlah luas masing-masing zona terhadap keseluruhan luas wilayah penelitian

**Tabel 2**  
**Pembagian Kelas Bahaya Bencana Banjir Rob di Kawasan Pesisir Surabaya**

No	Kelasifikasi	Luas (Ha)	Persen (%)
1	Bebas Bahaya	4065,7	27,5
2	Bahaya Kurang	1990	13,5
3	Agak Bahaya	1427	9,6
4	Bahaya Tinggi	2346	16
5	Bahaya Sangat Tinggi	4889	33,4
Jumlah		14627,7	100

Sumber: Hasil Analisa dari ArcGis,2017

Berdasarkan tabel diatas Kawasan Pesisir Surabaya memiliki proporsi zona yang berpotensi menimbulkan bahaya bencana banjir rob dengan klasifikasi zona bahaya sangat tinggi memiliki luas 4889 hektar, dengan proporsasi luas 33,4% dari total kawasan penelitian. Sedangkan zona dengan klasifikasi bahaya tinggi pada kawasan penelitian memiliki luas sebesar 2346 hektar dengan proporsi 16% dari total luas kawasan penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Coburn et al, 1994, *Disaster Mitigation*, UNDP, Cambridge Architectural Research Limited.
- Suciati, Putri. 2007. *Studi Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Muka Laut, Penurunan Muka Tanah dan Banjir di Jakarta Utara*. Tesis, Teknik Kelautan, ITB. Bandung
- Sugiarto, Amal. 2009. *Prinsip-Prinsip Zoning Regulation Kegiatan Permukiman Di Catchment Area Sistem Drainase Gunungsari Kota Surabaya*, Tugas Akhir, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- IPCC Summary for Policymakers. 2007. *The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press.